

Componentes de produção e incidência de podridão apical em frutos de tomateiro cultivado em fibra de coco e fertirrigado com diferentes proporções de amônio (N-NH_4^+) e nitrato (N-NO_3^-)



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Hortaliças
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

161

Componentes de produção e incidência de
podridão apical em frutos de tomateiro
cultivado em fibra de coco e fertirrigado com
diferentes proporções de amônio (N-NH_4^+)
e nitrato (N-NO_3^-)

*Ítalo Moraes Rocha Guedes
Juscimar da Silva
Marcos Brandão Braga
Carlos Eduardo Pacheco Lima*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na

Embrapa Hortaliças

Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9
Caixa Postal 218
Brasília-DF
CEP 70.275-970
Fone: (61) 3385.9000
Fax: (61) 3556.5744
www.embrapa.br/fale-conosco/sac
www.embrapa.br

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Hortaliças

Presidente
Jadir Borges Pinheiro

Editora Técnica
Mariana Rodrigues Fontenelle

Secretária
Gislaine Costa Neves

Membros
Carlos Eduardo Pacheco Lima
Raphael Augusto de Castro e Melo
Ailton Reis
Giovani Olegário da Silva
Iriani Rodrigues Maldonado
Alice Maria Quezado Duval
Jairo Vidal Vieira
Rita de Fátima Alves Luengo

Supervisora Editorial
Caroline Pinheiro Reyes

Normalização bibliográfica
Antônia Veras de Souza

Tratamento das ilustrações
André L. Garcia

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
André L. Garcia

Foto da capa
Ítalo Moraes Rocha Guedes

1ª edição
1ª impressão (2018): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Hortaliças

Componentes de produção e incidência de podridão apical em frutos de
tomateiro cultivado em fibra de coco e fertirrigado com diferentes proporções
de amônio (N-NH₄⁺) e nitrato (N-NO₃⁻) / Ítalo Moraes Rocha Guedes ...
[et al.]. - Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2018.
22 p. - (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Hortaliças,
ISSN 1677-2229 ; 161).

1. Tomate. 2. Doença de planta. 3. Fertirrigação. I. Guedes, Ítalo Moraes
Rocha. II. Silva, Juscimar da. III. Braga, Marcos Brandão. IV. Lima, Carlos
Eduardo Pacheco. V. Embrapa Hortaliças. VI. Série.

CDD 635.642

Sumário

Resumo7

Abstract9

Introdução.....11

Material e Métodos13

Resultados e Discussão16

Conclusões.....19

Referências19

Componentes de produção e incidência de podridão apical em frutos de tomateiro cultivado em fibra de coco e fertirrigado com diferentes proporções de amônio (N-NH_4^+) e nitrato (N-NO_3^-)

Ítalo Moraes Rocha Guedes¹

Juscimar da Silva²

Marcos Brandão Braga³

Carlos Eduardo Pacheco Lima⁴

Resumo – A podridão apical dos frutos do tomateiro é em geral interpretada como um sintoma de deficiência de Ca^{2+} . Há suposições e evidências experimentais implicando o nitrogênio amoniacal (NH_4^+) na ocorrência de podridão apical. Alguns trabalhos relatam declínio na absorção de Ca^{2+} e NO_3^- à medida que se aumenta a relação $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de soluções nutritivas com diferentes proporções de nitrato e amônio sobre os caracteres de produção e sobre a incidência de podridão apical em frutos de tomateiro. Realizou-se um ensaio em sistema sem-solo, utilizando-se substrato fibra de coco, delineado em blocos casualizados, com quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram em 4 soluções nutritivas com proporções variáveis de N-NO_3^- e de N-NH_4^+ : Solução 1 (100% N-NO_3^- , 0% N-NH_4^+), Solução 2 (75% N-NO_3^- , 25% N-NH_4^+), Solução 3 (50% N-NO_3^- , 50% N-NH_4^+) e Solução 4 (0% N-NO_3^- , 100% N-NH_4^+). As variáveis Número de Frutos Comerciais, Número de Frutos com Podridão Apical, Massa Total de Frutos Comerciais, Massa Média do Fruto Comercial, Massa Total de Frutos com Podridão Apical e Massa Média do Fruto com Podridão Apical foram afetadas pela variação na proporção de N-NO_3^- e N-NH_4^+ entre

¹ Engenheiro agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

² Engenheiro agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

³ Engenheiro agrônomo, doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem), pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

⁴ Engenheiro ambiental, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

- 8 Componentes de produção e incidência de podridão apical em frutos de tomateiro cultivado em fibra de coco e fertirrigado com diferentes proporções de amônio (N-NH_4^+) e nitrato (N-NO_3^-)

as soluções. A adição de nitrogênio na forma de amônio inibiu a absorção de nitrato, afetando negativamente os componentes de produção e a incidência de podridão apical de frutos quando da aplicação conjunta das duas formas de N.

Termos para indexação: Fundo preto, cultivo sem solo, tomate hidropônico.

Yield characteristics and blossom-end rot incidence of tomato grown on coconut coir and fertigated with different proportions of ammonium (N-NH_4^+) and nitrate (N-NO_3^-)

Abstract – Tomato blossom-end rot is generally interpreted as a symptom of Ca^{2+} deficiency. There are assumptions and experimental evidence implicating ammonium (NH_4^+) in the occurrence of blossom-end rot. Some studies report a decline in the uptake of Ca^{2+} and NO_3^- as the $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ ratio increases. The aim of this work was to evaluate the influence of nutrient solutions with different proportions of nitrate and ammonium on yield characteristics and on the incidence of blossom-end rot in tomato fruits. The soilless trial was performed using coconut coir substrate, in a randomized block design, with four treatments and three replicates. The treatments consisted of 4 nutrient solutions with varying proportions of N-NO_3^- and N-NH_4^+ : Solution 1 (100% N-NO_3^- , 0% N-NH_4^+), N-NO_3^- , 25% N-NH_4^+ , Solution 3 (50% N-NO_3^- , 50% N-NH_4^+) and Solution 4 (0% N-NO_3^- , 100% N-NH_4^+). The variables Number of Commercial Fruits, Number of BER Fruits, Total Mass of Commercial Fruits, Average Mass of Commercial Fruit, Total Mass of BER Fruits, and Average Mass of BER Fruit were all affected by the variation in the proportion of N-NO_3^- and N-NH_4^+ between solutions. The addition of nitrogen in the form of ammonium inhibited nitrate uptake, negatively affecting yield components and the incidence of blossom-end rot when both forms of N were applied together.

Index terms: BER, soilless culture, hydroponic tomato

Introdução

A podridão apical dos frutos do tomateiro, também conhecida como fundo preto, é em geral atribuída à deficiência de Ca^{2+} e se expressa quer seja nos frutos do tomateiro ou em seu ápice distal. Apesar de grande número de estudos sobre o tema, o mecanismo pelo qual a deficiência em cálcio leva à podridão apical dos frutos ainda não foi completamente entendido (Saure, 2001).

O principal sintoma visual da podridão apical consiste em superfície necrosada na inserção estilar do fruto do tomateiro e que pode afetar não apenas a superfície do fruto, mas também parte da placenta e do pericarpo, comprometendo a qualidade visual do tomate e tornando-o sem valor comercial (Figura 1). Ocorre uma aceleração do amadurecimento dos frutos afetados e, dependendo da severidade do problema, pode haver comprometimento da qualidade fisiológica de sementes (Andrade et al., 2006; Tonetto de Freitas et al., 2014). Algumas cultivares de tomate demonstram maior suscetibilidade à podridão apical do fruto ou fundo preto, embora a causa desta susceptibilidade ainda não seja completamente entendida (Ho; White, 2005). Aparentemente, cultivares de frutos alongados são mais susceptíveis ao aparecimento desta desordem fisiológica (Andrade et al., 2006).



Fotos: Ítalo Moraes Rocha Guedes

Figura 1. Aspectos de frutos de tomate com ocorrência de podridão apical.

Embora haja evidências convincentes do envolvimento de hormônios vegetais, como as giberelinas fisiologicamente ativas, na translocação do cálcio durante o período de crescimento do fruto do tomateiro e do desenvolvimento da podridão apical (Tonetto de Freitas et al., 2014; Barickman et al., 2014), há poucas dúvidas de que a podridão apical seja em última análise uma desordem associada à nutrição mineral das plantas (Ho; White, 2005). O nitrogênio amoniacal (NH_4^+) poderia levar a uma deficiência em cálcio em nível de fruto, celular ou de tecido, sem que houvesse necessariamente insuficiência na disponibilidade de cálcio às plantas ou mesmo ser uma das causas da desordem fisiológica sem a intermediação do cálcio (Bar-Tal et al., 2001; Ho; White, 2005).

Embora haja diferença na forma de nitrogênio preferivelmente absorvida por diferentes espécies vegetais, invariavelmente as plantas superiores absorvem N tanto na forma de amônio (NH_4^+) quanto na forma de nitrato (NO_3^-), ambas formas inorgânicas (Souza; Fernandes, 2006). Segundo Barker e Mills (1980), a principal desvantagem da utilização contínua de amônio como fonte de N seriam os efeitos tóxicos às plantas, o que Horchani et al. (2010) chamam de “síndrome do NH_4^+ ”.

Os efeitos tóxicos do amônio podem estar relacionados à acidificação da rizosfera ou do meio intracelular (Horchani et al., 2010) ou à presença de altas concentrações de NH_4^+ e NH_3 livres nos tecidos vegetais (Gill; Reisenauer, 1993). Vários trabalhos têm demonstrado um papel preponderante do amônio na supressão das concentrações de cálcio em folhas e frutos e um possível papel na incidência da podridão apical (Bar-Tal et al., 2001; Tsbarducas et al., 2017). Marti e Mills (1991), avaliando diferentes proporções de N-NO_3^- e N-NH_4^+ em pimentão cultivado em hidroponia, observaram declínio na absorção de Ca^{2+} à medida que se aumentava a relação $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$, particularmente nos tecidos do ápice estilar do fruto.

Além da supressão da absorção ou do uso do cálcio, o NH_4^+ também tem sido implicado na inibição do nitrato em diferentes espécies (Bloom; Finazzo, 1986; Marschner, 1995; Horchani et al., 2010). Bloom e Finazzo (1986) avaliaram o efeito da adição de amônio em solução nutritiva sobre a absorção de nitrato por dois genótipos de sorgo e observaram que no genótipo adaptado a regiões quentes, o amônio estimulou a absorção de nitrato, enquanto a absorção

de nitrato foi inibida pela adição de amônio no genótipo adaptado a regiões frias. Os autores, embora reconheçam a complexidade da interação amônio-nitrato, propõem três possíveis mecanismos pelos quais o amônio, ou algum produto da assimilação do amônio, possa inibir a absorção do nitrato, quais sejam: a) retardamento da ativação ou da síntese do sistema de absorção do NO_3^- ; b) inibição da redução do nitrato e; c) promoção do efluxo de nitrato.

Tendo em vista a relevância da ocorrência da podridão apical na cadeia produtiva de tomate e a necessidade de se elucidar os fatores associados a esta desordem, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de soluções nutritivas com diferentes proporções de N-NO_3^- e N-NH_4^+ sobre os caracteres de produção e sobre a incidência de podridão apical em frutos de tomateiro cultivado em fibra de coco sob ambiente protegido.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Embrapa Hortaliças, coordenadas geográficas de 15°56'00" de latitude Sul e 48°08'00" de longitude Oeste e a 997,6 m acima do nível do mar. O experimento foi conduzido sob ambiente protegido, em estufa do tipo arco com 50 m de comprimento, 7 m de largura e 3 m de pé direito, coberta com filme de polietileno de baixa densidade de 150 μm de espessura e aditivado contra radiação ultravioleta e laterais protegidas com tela anti-insetos branca, de 23 de abril de 2012 a 10 de agosto de 2012.

A unidade experimental consistiu de 5 vasos plásticos contendo 1 planta de tomate cada, como parcela útil, cultivado em sistema hidropônico com substrato, sendo a fertirrigação realizada duas vezes por dia, de forma manual. O delineamento empregado foi de blocos casualizados, com quatro tratamentos e três repetições. Originalmente o experimento continha cinco repetições, mas dois blocos foram perdidos por razões operacionais pouco antes do início da coleta de dados. O tamanho da unidade experimental utilizado (5 vasos) juntamente com a cuidadosa casualização dos blocos restantes, no entanto, foi suficiente para reduzir o erro experimental. Em cada vaso utilizou-se 12 dm^3 de fibra de coco seca, granulometria mista como substrato.

Utilizou-se a linhagem de tomateiro L512, de crescimento determinado, registrada e protegida no Mapa (Nº. 20130219), do programa de melhoramento

de tomate da Embrapa Hortaliças, progenitora de híbrido (F1) de tomate para processamento industrial, que possui frutos cilíndricos, sem Joelho (abscisão positiva), de comprimento médio de 6,6 cm, diâmetro médio de 4,2 cm e razão comprimento/diâmetro de 1,6. Esta linhagem possui resistência a *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* raças 1 e 2, *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* e *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, raça 0 e tem demonstrado susceptibilidade à podridão apical dos frutos.

Os tratamentos consistiram em 4 soluções nutritivas, todas com as mesmas concentrações de micronutrientes (Tabela 1), mas com proporções variáveis de nitrogênio na forma de nitrato (N-NO_3^-) e nitrogênio na forma de amônio (N-NH_4^+): Solução 1 (100% N-NO_3^- , 0% N-NH_4^+), Solução 2 (75% N-NO_3^- , 25% N-NH_4^+), Solução 3 (50% N-NO_3^- , 50% N-NH_4^+) e Solução 4 (0% N-NO_3^- , 100% N-NH_4^+) (Tabela 2). As plantas de tomate foram transplantadas no dia 23 de abril de 2012, com cerca de 15 dias após a germinação. A análise estatística dos dados foi feita pela análise de variância e as médias de tratamentos foram comparadas usando-se o teste t de Student (DMS) com o auxílio do software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011).

A partir da data de transplântio até os 28 dias após o transplântio (DAT) as plantas receberam diariamente 840 mL da Solução 1 (100% N-NO_3^- , 0% N-NH_4^+) cada. A partir dos 28 DAT iniciou-se a aplicação dos tratamentos, num volume de 1000 mL por dia. Aos 44 DAT, em razão de se ter observado sintomas de estresse hídrico moderado, aumentou-se o volume de solução por planta para 1250 mL por dia, elevando-se esse volume para 1500 mL por planta por dia aos 46 DAT, mantido até o final do ciclo de produção. As condutividades elétricas das soluções de fertirrigação foram ajustadas de acordo com a o estágio fenológico da cultura.

Os caracteres de produção avaliados foram resultado de três colheitas, a saber: a primeira realizada aos 78 DAT, a segunda aos 93 DAT e a última aos 109 DAT. Após a terceira colheita as plantas iniciaram processo de degenerescência natural. As variáveis avaliadas foram número de frutos comerciais (FC), número de frutos com podridão apical (FP), massa total de frutos comerciais (MTFC), massa média do fruto comercial (MMFC), massa total de frutos com podridão apical (MTFP) e massa média do fruto com podridão apical (MMFP).

Tabela 1. Composição da solução estoque de micronutrientes

Fertilizante (g/10L)	Concentração (g/L)
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	64,0
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	7,0
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	28,6
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	5,6
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1,3

Tabela 2. Composição das soluções nutritivas estoques nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura.

	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5
Solução 1					
Solução A	Concentração (g/L)				
KH_2PO_4	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
KNO_3	16,00	16,00	20,00	20,00	32,00
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	40,00	40,00	40,00	48,00	48,00
KCl	0	0	4,00	4,00	4,00
Solução B	Concentração (g/L)				
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	30,00	42,00	51,00	63,00	63,00
Fe-EDTA (6%)	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
Solução 2					
Solução A	Concentração (g/L)				
KH_2PO_4	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
KNO_3	16,00	16,00	20,00	20,00	32,00
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	40,00	40,00	40,00	48,00	48,00
KCl	0	0	4,00	4,00	4,00
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	8,50	11,00	13,50	16,00	17,50
Solução B	Concentração (g/L)				
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	19,50	28,50	34,50	43,50	41,00
CaCl_2	7,50	9,00	11,00	13,00	15,00
Fe-EDTA (6%)	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
Solução 3					
Solução A	Concentração (g/L)				
KH_2PO_4	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00

(continua)

Tabela 2. Continuação.

	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5
Solução 3					
KNO_3	16,00	16,00	20,00	20,00	32,00
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	40,00	40,00	40,00	48,00	48,00
KCl	0	0	4,00	4,00	4,00
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	17,00	22,00	27,00	31,00	35,00
Solução B	Concentração (g/L)				
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	9,00	15,00	18,00	24,00	19,00
CaCl_2	14,00	18,00	22,00	26,00	30,00
Fe-EDTA (6%)	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
Solução 4					
Solução A	Concentração (g/L)				
KH_2PO_4	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	40,00	40,00	40,00	48,00	48,00
KCl	5,80	5,80	9,20	9,20	13,00
K_2SO_4	6,80	6,80	11,00	11,00	16,00
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	34,00	44,00	53,00	63,00	70,00
Solução B	Concentração (g/L)				
CaCl_2	20,00	28,00	34,00	42,00	42,00
Fe-EDTA (6%)	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60

Resultados e Discussão

Na Tabela 3 são apresentados os componentes de produção e a incidência de podridão apical de frutos de tomateiro fertirrigado com diferentes proporções de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-). Todas as variáveis avaliadas foram afetadas pela variação na proporção de N-NO_3^- e N-NH_4^+ entre as soluções. Em termos de caracteres de produção, resultados superiores foram obtidos nas plantas fertirrigadas com a solução contendo nitrogênio unicamente sob a forma de nitrato (Solução 1, 100% N-NO_3^-) enquanto os menores resultados foram observados nas plantas tratadas com as soluções contendo ambas as formas de N (Solução 2 e Solução 3). As plantas fertirrigadas com solução contendo unicamente nitrogênio na forma de amônio (Solução 4, 100% N-NH_4^+) produziram valores intermediários.

A produção de frutos afetados pela podridão apical foi menor nas plantas tratadas apenas com N na forma nítrica (Solução 1). O maior número de frutos com podridão apical foi obtido nas plantas tratadas com as soluções contendo N em ambas as formas avaliadas. Novamente, as plantas tratadas apenas com N-NH_4^+ produziram um número intermediário de frutos afetados.

Tabela 3. Componentes de produção e incidência de podridão apical

Tratamentos	FC	FP	MTFC (g/planta)	MMFC (g)	MTFP (g/planta)	MMFP (g)
Solução 1	27,33a	12,13c	1846,00a	67,71a	335,33a	28,13a
Solução 2	06,93b	38,86a	351,33c	52,00b	756,66bc	19,56b
Solução 3	12,20b	41,00a	694,66bc	61,01ab	943,33c	22,95ab
Solução 4	15,86b	25,53b	1042,66b	65,94ab	712,66b	28,21a
DMS	9,59	7,36	466,48	14,98	198,72	6,18
CV (%)	30,81	12,53	23,74	12,16	14,48	12,52

FC: frutos comerciais/planta; FP: frutos com podridão apical/planta; MTFC: massa total de frutos comerciais; MMFC: massa média do fruto comercial; MTFP: massa total de frutos com podridão apical; MMFP: massa média do fruto com podridão apical; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação. Nas colunas, valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade.

As plantas fertirrigadas com a solução contendo 100% de N-NO_3^- produziram um número significativamente maior de frutos comerciais e uma massa total de frutos comerciais superior aos outros tratamentos. O número médio de frutos comerciais por planta foi 72,32% maior quando se aplicou apenas a fonte nítrica (100% N-NO_3^-) do que quando se aplicou unicamente nitrogênio amoniacal nos tomateiros. Quando se utilizaram ambas as fontes de N na solução nutritiva, houve uma redução de mais de 120% no número de frutos com padrão comercial em comparação com as plantas que receberam a solução com 100% de nitrato. Quando se compara as plantas que receberam alguma proporção de amônio (Soluções 2, 3 e 4), observa-se que há uma tendência de aumento no número de frutos comerciais com o aumento da proporção de N-NH_4^+ na solução, embora este aumento não tenha sido estatisticamente significativo.

A aplicação de solução nutritiva contendo 100% do nitrogênio na forma nítrica (Solução 1 100% N-NO_3^-) diminuiu a ocorrência de frutos afetados com podridão apical em 52,49% em relação às plantas que receberam nitrogênio

apenas na forma amoniacal (Solução 4 100% N-NH_4^+) e em cerca de 70% quando comparada àquelas que receberam soluções contendo ambas as formas de N (Solução 2 e Solução 3). A massa média do fruto afetado com podridão apical foi maior nas plantas tratadas com soluções contendo apenas uma forma de N, fosse amoniacal ou nítrica, do que naquelas fertirrigadas com soluções contendo ambas as formas, o que significa que o menor valor de massa total de frutos com podridão apical significativamente menor nas plantas que receberam apenas N-NO_3^- deveram-se ao menor número de frutos afetados por esta desordem fisiológica.

A análise dos resultados obtidos sugere que a utilização de uma fonte de N amoniacal na fertirrigação da linhagem de tomateiro avaliada inibe, talvez completamente, seja a absorção de N-NO_3^- seja a redução de N-NO_3^- absorvido para N-NH_4^+ , efetivamente tornando o nitrogênio provido na forma de nitrato indisponível para a utilização pelas plantas de tomate, mecanismo já observado em cevada por Bloom e Finazzo (1986). Isso explica de forma satisfatória o fato de as plantas tratadas com solução contendo apenas N-NH_4^+ terem demonstrado um desempenho produtivo superior à daquelas plantas tratadas com ambas as formas de nitrogênio: neste último caso, as plantas só tiveram acesso ao nitrogênio que foi fornecido na forma amoniacal, ou seja, apenas 25% da dose de N na Solução 2 e 50% na Solução 3.

Há uma clara e significativa influência da forma de N utilizada na incidência de podridão apical de frutos de tomateiro, embora os dados sugiram que este não é o único fator determinante nem da incidência nem da severidade desta desordem fisiológica. A composição da solução nutritiva influenciou a massa do fruto com padrão comercial, e embora não se tenha observado diferença estatística entre as Soluções 1, 3 e 4, a massa do fruto comercial das plantas fertirrigadas com a Solução 1 foi significativamente maior que a massa média do fruto de padrão comercial produzido por plantas tratadas com a Solução 2. O mesmo foi observado em relação à massa média dos frutos afetados pela podridão apical.

Os dados aqui apresentados sugerem um papel do nível de N disponível às plantas sobre a incidência de podridão apical. Aparentemente, a presença de amônio em qualquer das proporções avaliadas neste trabalho inibiu ou dificultou a absorção ou o uso do N na forma de nitrato. Mesmo que algum

dos mecanismos de inibição descritos por Bloom e Finazzo (1986) explique a menor produção de tomate por aquelas plantas recebendo tanto amônio quanto nitrato, permanece por explicar os efeitos sobre a incidência da podridão apical. A interação amônio-nitrato, qualquer que seja a natureza da mesma, teve um impacto maior nos caracteres avaliados, sendo ainda necessárias pesquisas mais aprofundadas sobre seus efeitos.

Conclusões

Plantas de tomateiro fertirrigadas com nitrato (N-NO_3^-) apresentaram desempenho produtivo superior às plantas fertirrigadas com amônio (N-NH_4^+). A nutrição nitrogenada é um fator determinante, embora não exclusivo, na incidência da podridão apical em frutos de variedades susceptíveis de tomateiro.

O estudo realizado sugere que a adição de nitrogênio na forma de amônio inibiu a absorção de nitrato, afetando negativamente os componentes de produção e a incidência de podridão apical de frutos quando da aplicação conjunta das duas formas de N em comparação com os resultados obtidos da aplicação de nitrato ou amônio isoladamente.

Referências

- ANDRADE, K. P.; NASCIMENTO, W. M.; FERRARI, B.; FREITAS, R. A. Qualidade fisiológica de sementes de tomate provenientes de frutos com podridão apical. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 224, jul. 2006. Suplemento 2. Resumo apresentado no 46. Congresso Brasileiro de Olericultura, Goiânia, 2006.
- BARICKMAN, T. C.; KOPSELL, D. A.; SAMS, C. E. Exogenous foliar and root applications of abscisic acid increase the influx of calcium into tomato fruit tissue and decrease the incidence of blossom-end rot. **HortScience**, v. 49, n. 11, p. 1397-1402, 2014.
- BARKER, A. V.; MILLS, H. A. Ammonium and nitrate nutrition of horticultural crops. **Horticultural Reviews**, v. 2, p. 395-423, 1980.
- BAR-TAL, A.; ALONI, B.; KARNI, L.; OSEROVITZ, J.; HAZAN, A.; ITACH, M.; GANTZ, S.; AVIDAN, A.; POSALSKI, I.; TRATKOVSKI, N.; ROSENBERG, R. Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. I. Effects of nitrogen concentration and $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ratio on yield, fruit shape, and the incidence of blossom-end rot in relation to plant mineral composition. **HortScience**, v. 36, n. 7, p. 1244-1251, 2001.

BLOOM, A. J.; FINAZZO, J. The influence of ammonium and chloride on potassium and nitrate absorption by barley roots depends on time of exposure and cultivar. **Plant Physiology**, v. 81, p. 67-69, 1986.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GILL, M. A.; REISENAUER, H. M. Nature and characterization of ammonium effects on wheat and tomato. **Agronomy Journal**, v. 85, p. 874-879, 1993.

HO, L. C.; WHITE, P. J. A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. **Annals of Botany**, v. 95, p. 571-581, 2005.

HORCHANI, F.; HAJRI, R.; ASCHI-SMITI, S. Effect of ammonium or nitrate nutrition on photosynthesis, growth, and nitrogen assimilation in tomato plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 173, p. 610-617, 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd. ed. repr. Amsterdam: Academic Press, 2005. 889 p.

MARTI, H. R.; MILLS, H. A. Calcium uptake and concentration in bell pepper plants as influenced by nitrogen form and stages of development. **Journal of Plant Nutrition**, v. 14, n. 11, p. 1177-1185, 1991.

SAURE, M. C. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) - a calcium- or a stress-related disorder? **Scientia Horticulturae**, v. 90, p. 193-208, 2001.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

TONETTO DE FREITAS, S.; McELRONE, A. J.; SHACKEL, K. A.; MITCHAM, E. J. Calcium partitioning and allocation and blossom-end rot development in tomato plants in response to whole-plant and fruit-specific abscisic acid treatments. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 1, p. 235-247, 2014.

TSABARDUCAS, V.; CHATZISTATHIS, T.; THERIOS, I.; PATAKAS, A. How nitrogen form and concentration affect growth, nutrient accumulation and photosynthetic performance of *Olea europaea* L. (cv. 'Kalamon'). **Scientia Horticulturae**, v. 218, p. 23-29, 2017.

